

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

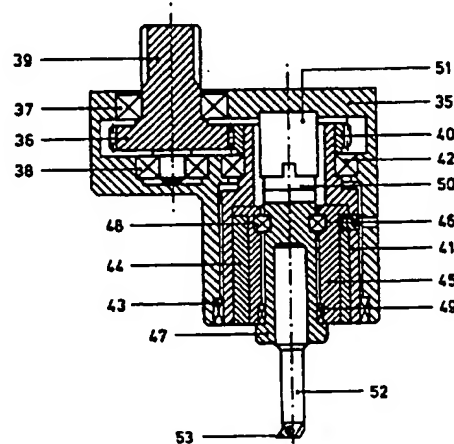
IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : B23B 29/034, 41/04		A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/11807
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:	3. April 1997 (03.04.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/01865		(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, ARIPO Patent (KE, LS, MW, SD, SZ, UG), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 28. September 1996 (28.09.96)			
(30) Prioritätsdaten: 195 36 160.1 28. September 1995 (28.09.95) DE			
(71)(72) Anmelder und Erfinder: HÖRMANSDÖRFER, Gerd [DE/DE]; Kastanieneck 6 A, D-31303 Burgdorf (DE).		Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LEY, Hans [DE/DE]; Alefeld 3, D-53804 Much (DE). WESTERTEICHER, Wolfgang [DE/DE]; Auf der Horst 29, D-33719 Bielefeld (DE).			
(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR MANUFACTURING WORKPIECES WITH NON-CIRCULAR INNER OR OUTER CONTOURS			
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG VON WERKSTÜCKEN MIT UNRUNDEN INNEN- ODER AUSSENKONTUREN			
(57) Abstract			
<p>The invention pertains to a special process and devices for the production preferably by machining of workpieces with non-circular outer and inner contours such as squares, hexagons, ellipses, polygons and the like, or eccentric circular bores and/or tappets. In the claimed process, the workpiece is rotated at constant angular velocity while a tool (e.g. the blade of a lathe tool) set eccentrically in relation to the workpiece is moved without rotating about its own axis at controllable speed in a circular path, workpiece and tool being moved towards one another in cycles with the appropriate advance. This ensures that apart from a small cuttings volume for each advance, very narrow tolerances can be set. The associated device, which has a special gear and optionally an integrated cross slide unit, gimbal-mounted yaw head or eccentric spindle, can be used as a compact tool unit for rotary and milling machines and the like.</p>			
(57) Zusammenfassung			
<p>Die Erfindung betrifft ein spezielles Verfahren und Vorrichtungen zur vorzugsweisen spanabhebenden Herstellung von Werkstücken mit unrunder Außen- und/oder Innenkonturen, wie z.B. Vierkante, Sechskante, Ellipsen, Polygone und dergleichen, bzw. exzentrisch liegenden runden Bohrungen und/oder Zapfen. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Werkstück mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotiert, während ein exzentrisch zum Werkstück versetztes Werkzeug (z.B. Schneide eines Drehmeißels) ohne selbst zu rotieren mit steuerbarer Geschwindigkeit auf einer Kreisbahn bewegt wird, wobei Werkstück und Werkzeug in Zyklen mit jeweiliger Zustellung relativ zueinander verfahren werden, sodaß außer einem jeweils kleinen Zerspanungsvolumen engste Maßtoleranzen einstellbar sind. Die entsprechende Vorrichtung, welche ein spezielles Getriebe sowie wahlweise einen integrierten Kreuzschieber, einen kardanisch gelagerten Taumelkopf oder eine Exzenterspindel enthält, ist als kompakte Werkzeugeinheit für Dreh- bzw. Fräsmaschinen oder dergleichen benutzbar.</p>			



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Werkstücken mit un-
runden Innen- und/oder Außenkonturen, bzw. exzentrisch liegenden
runden Bohrungen und/oder Zapfen.

Die Erfindung betrifft ein spezielles Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zur vorzugsweise spanenden Herstellung von Werkstücken mit un-
runden Innen- und/oder Außenkonturen, bzw. ex-
zentrisch liegenden runden Bohrungen und/oder Zapfen. Unrunde
Konturen wie z.B. Vierkante, Sechskante, Ovale, Ellipsen oder
Polygone in Bohrungen oder an Zapfen werden in der Technik für
die verschiedensten Anwendungen und in den unterschiedlichsten
Geometrien benötigt. Allgemein bekannt und verbreitet sind z.B.
Innensechskante in den Köpfen von Schrauben. Für die Massener-
stellung solcher Schrauben kommen lediglich Umformverfahren, wie
z.B. das Kalt- oder Warmfließpressen in Frage, weil solche Ver-
fahren gut brauchbare Oberflächen bei niedrigsten Stückkosten
erzielen. Anders sieht es aus, wenn kleinere Stückzahlen benötigt
werden, oder wenn das jeweilige Bauteil ein derartiges Umformver-
fahren nicht zuläßt. Vor allem im allgemeinen Maschinenbau be-
steht Bedarf an den unterschiedlichsten Formbohrungen bzw. Außen-
konturen an spanend herzustellenden Bauteilen. Hier wird in Bezug
auf Formbohrungen gewöhnlich auf das Räumen oder Stoßen zurückge-
griffen, in manchem Fall auch auf das Erodieren, oder das Form-
bohren mittels Schablone, während für die Herstellung von Außen-
konturen gewöhnlich eine frästechnische Herstellung in Frage
kommt.

Beim Räumen oder Stoßen von Formbohrungen, auch beim Pendelräumen, ist im allgemeinen von einer mehr oder weniger stark geriefen Oberfläche der Formbohrung auszugehen. Die Maßhaltigkeit einer derart hergestellten Bohrung ist mäßig. Bei härtesten Werkstoffen tritt ein erhöhter Verschleiß der Räumnadel auf. Zusätzlich besteht bei Sackbohrungen der Nachteil des Auftretens von eingerollten Drückspänen.

Das Erodieren von Formbohrungen führt zu hervorragenden Ergebnissen, sogar in gehärteten Werkstoffen. Jedoch ist der Zeitaufwand für diese Herstellung sehr hoch, so daß dieses Verfahren für die meisten Fälle aus Kostengründen ausscheidet.

Andererseits ist ein Apparat zur rotativ spanenden Herstellung von Formbohrungen bekannt, welcher von der Firma VIK A AG in Trimbach/Schweiz hergestellt und unter dem Namen VIK A-Polybor vertrieben wird. Dieser Apparat besteht im wesentlichen aus einem speziellen Bohrer, welcher mittels eines Pendelhalters in eine Maschinenspindel einspannbar ist und welcher während des Bohrvorgangs mittels einer über dem Werkstück anzuordnenden gehärteten Schablone mit der jeweils gewünschten Kontur geführt wird. Die Funktion des genannten Geräts ist jedoch derart mangelhaft, daß seine Anwendung sehr begrenzt sein dürfte. Ein wesentlicher Nachteil des Apparats ist die Tatsache, daß bereits aus geometrischen Gründen der mehrkantige Bohrer keine eindeutige Bahn innerhalb der Schablone beschreibt, so daß die hergestellte Kontur in wechselhafter Weise von der Kontur der Schablone abweicht. Durch das schlagende Rotieren der äußeren Bohreranten innerhalb der Schablone werden die Kanten mit der Zeit derart verrundet, daß bei einem stirnseitigen Nachschliff des Bohrers die Innenmaße der herzustellenden Bohrung kleiner werden und der Bohrer noch mehr in der Schablone herumschlägt. Der aus HSS hergestellte Bohrer ist nicht nur in der Anschaffung teuer und schwer nachzuschleifen, sondern besitzt auch eine ausgesprochen ungünstige Schneidkantengeometrie. Eine Montage von auswechselbaren Schneidplatten ist nicht möglich. Nachteilig ist ferner, daß vor Bohrbeginn die Schablone oberhalb des Werkstücks montiert, und der Bohrer zuerst

bei stehender Spindel in die Schablone eingeführt werden muß, so daß sich daraus eine ausgesprochen umständliche Arbeitsweise ergibt, welche z.B. auf einer automatisch arbeitenden Maschine nicht durchführbar ist.

In Bezug auf die spanende Herstellung von Außenkonturen bestehen heute eine Reihe von technischen Möglichkeiten, von denen das Fräsen wohl die naheliegendste sein dürfte. Allerdings ist beim Fräsen bekanntlich von einer geringeren Zerspanungsleistung pro Zeiteinheit im Vergleich zum Drehen auszugehen. Auch hier sind Spezialgeräte, z.B. sogenannte Mehrkantfräsgeräte, bekannt, welche auf Fräsmaschinen recht gute Ergebnisse zeigen. Derartige Mehrkantfräsgeräte lassen jedoch nicht die Herstellung gerundeter Konturen wie z.B. Ellipsen oder Gleichdicke zu, und sind z.B. auch nicht auf einer CNC-Drehmaschine mit angetriebenen Werkzeugen verwendbar.

Aus der EP-PS 0 513 322 ist ein Formbohr- bzw. Formdrehgerät bekannt, welches für die spanende Herstellung einer großen Zahl der unterschiedlichsten Innen- und Außenkonturen verwendbar ist. Dieses Gerät hat den Vorteil, daß es sowohl auf Dreh- als auch Fräsmaschinen, ja sogar auf Säulenbohrmaschinen aufrüstbar ist, wobei lediglich die Erfordernis eines rotativen Antriebs des Gerätes selbst besteht. Daher sind auch größere Werkstücke mit höherem Gewicht, welche z.B. fest auf dem Arbeitstisch einer Fräsmaschine aufgespannt werden müssen, problemlos bearbeitbar. Es kann ferner auf Drehmaschinen zum Einsatz kommen, welche weder über eine mechanische noch elektronische Verkopplung zwischen Spindel- und Werkzeugantrieb, sondern lediglich über die Möglichkeit des Spindelhalts verfügen. Andererseits ist es bei diesem Gerät nachteilig, daß für jede andere geometrische Form und auch Größe ein anderer Kurvenscheibensatz erforderlich ist, woraus erhöhte Investitionskosten und ein entsprechender Zeitaufwand für die Umrüstung resultieren. Nachteilig ist ferner, daß ohne externe Verstellung der Schneide weder eine Schnittaufteilung noch eine Kalibrierung der Kontur zu verwirklichen ist.

Daneben sind aus der Europäischen Patentschrift 0 097 346 zwei prinzipielle Verfahren und verschiedene Vorrichtungen für die spanende Herstellung derartiger Konturen bekannt. Bei dem einen der vorgeschlagenen Verfahren rotieren Werkstück als auch Werkzeug mit voneinander unterschiedlichen Drehzahlen auf einer Kreisbahn, wobei die Drehachse des Werkzeugs exzentrisch gegen die Drehachse des Werkstücks versetzt ist. Dabei wird mittels einer speziellen ungleichmäßig übersetzenden Getriebestufe die Rotationsgeschwindigkeit des Werkzeugs derart beeinflußt, daß sich aus der Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück die gewünschte unrunde Kontur ergibt. Dazu wird mittels eines bestimmten gegenseitigen radialen Achsabstands zwischen Werkstück und Werkzeug die Durchmesserdivergenz zwischen In- und Umkreis der Kontur fest eingestellt, ebenso wie aus dem Drehzahlverhältnis der rotierenden Partner die Eckenanzahl festgelegt wird. Damit ist jedoch der schwerwiegende Nachteil verbunden, daß die gesamte Kontur in einem einzigen Schnitt hergestellt werden muß. Wenn nämlich die Werkzeugeinheit axial relativ zum Werkstück verfahren wird, führt dies lediglich zu einer stärkeren Ausspitzung bzw. Verrundung der Kontur, sodaß eine Feineinstellung des Durchmessers oder eine Aufteilung in mehrere Schnitte auf diesem Wege nicht möglich ist. Daraus ergeben sich partiell sehr breite Späne, weshalb bei diesem Verfahren nicht nur ein häufiger Schneidenbruch des Werkzeugs, sondern auch eine unsaubere Bearbeitungsfläche hingenommen werden muß. Darüberhinaus ist es erforderlich, für jede andere Abmessung der Kontur die Schneidenspitze neu einzustellen, bzw. den Werkzeughalter oder die Bohrstange mit dem Drehmeißel zu tauschen, um das exakte Kragmaß einzuhalten.

Bei dem zweiten mit gleicher Patentschrift vorgeschlagenen Verfahren wird ebenfalls das Werkstück rotiert, das Werkzeug jedoch ohne eigene Rotation mit seiner Spitze auf einer außerhalb der Werkstückmitte liegenden Kreisbahn bewegt, wobei der Durchmesser dieser Kreisbahn der Radiusdivergenz zwischen In- und Umkreis der Kontur entspricht. Auch hier wird durch die Verwendung ungleichmäßig übersetzender Getriebestufen eine Variation der Umlaufgeschwindigkeit des Werkzeugs ermöglicht, um die Relativbewegung

zwischen Werkstück und Werkzeug so festzulegen, daß sich bei der Bearbeitung die angestrebte Kontur ergibt. Wie zuvor ist dabei mittels einer Getriebestufe bezüglich der Eckenzahl der Kontur ein bestimmtes Übersetzungsverhältnis festlegbar, welches in diesem Fall das zahlenmäßige Verhältnis zwischen Werkstückrotation und Werkzeugumlauf betrifft. Bei dem vorgeschlagenen Verfahren besteht der Nachteil darin, daß mittels des Vorschubs der umlaufenden Werkzeugspitze entlang einer auf einem einzelnen Kreiszylinder liegenden Schraubenlinie auch hier eine Schnittaufteilung und Kalibrierung bei der Herstellung der Kontur nicht gegeben ist.

Die mit der genannten Schrift vorgeschlagenen Vorrichtungen zur Ausführung des letzteren Verfahrens sind relativ aufwendig und bedingen eine bestimmte Baugröße, welche schon eher auf eine Sondermaschine hinausläuft. Bedeutend vielseitiger wäre jedoch eine Bauausführung in Gestalt einer kompakten und auf eine Maschine, z.B. eine Drehmaschine, aufrüstbaren Werkzeugeinheit. In dieser Hinsicht ist die komplexe Gestaltung des vorgeschlagenen ungleichmäßig übersetzenden Getriebes sicherlich ein Hemmschuh. Nachteilig sind ferner die für die sogenannte Momentenstütze des Schwingkopfes an der Maschine vorgeschlagenen technischen Lösungen. Die Ausführung mit den gezeigten Parallelenkern erlaubt keine definierte winkelmäßige Lage des Schwingkopfes, wie sie für eine ordnungsgemäße Funktion erforderlich wäre. Die Ausführung mit Schwenkarm und Linearführung ist nicht praktikabel, weil sie bei ungenauer Positionierung der Werkzeugschneide eine Profilverzerrung der Kontur bewirkt und den Schnittwinkel der Werkzeugschneide beeinflußt. Außerdem sind die in der Schrift vorgeschlagenen Momentenstützen nicht in der Lage, die bei der Zerspanung anfallenden Axialkräfte aufzunehmen.

Es bestand daher die Aufgabe zur Schaffung eines verbesserten Verfahrens und einer verbesserten Vorrichtung für die vorzugsweise spanende Herstellung der eingangs anhand von Beispielen genannten Konturen an Werkstücken bei erhöhten Anforderungen an die Sauberkeit der Oberfläche und die Maßhaltigkeit der Kontur, ohne

die oben beschriebenen Nachteile. Dabei sollte eine derartige Vorrichtung außerordentlich wirtschaftlich arbeiten und vorzugsweise als nachrüstbare kompakte Werkzeugeinheit auf Maschinen, vor allem auf Drehmaschinen aufbaubar sein.

Die beschriebene Aufgabe wird nach der Erfindung durch die Zuverfügungstellung eines erweiterten Verfahrens gemäß Anspruch 1, bzw. verbesserter Vorrichtungen gemäß den Ansprüchen 2 bis 20 gelöst.

Das verbesserte Verfahren baut auf dem oben als zweitem aus der Europäischen Patentanmeldung EP 0 097 346 beschriebenen Verfahren auf, wobei dieses dahingehend erweitert wird, daß die Umlaufachse des selbst nicht rotierenden Werkzeugs in radialer Richtung mit feiner Auflösung verstellbar ist.

Danach wird das Werkstück in einem mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotierenden Futter z.B. einer CNC-Drehmaschine aufgenommen. Die Drehzahl dieses Futters wird unter Heranziehung mechanischer, elektrischer und/oder elektronischer Mittel auf ein bestimmtes Verhältnis zur Umlauffrequenz des Werkzeugs (z.B. der Schneidenspitze eines Drehmeißels) eingestellt. Dieses Verhältnis ergibt sich aus der Zahl der sich in der Abwicklung der Kontur wiederholenden Zyklen. Dabei besitzt z.B. ein Exzenter nur einen derartigen Zyklus, eine Ellipse zwei solcher Zyklen, ein Polygon (sogenanntes Gleichdick) drei, ein Vierkant vier, bzw. ein Sechskant sechs. Entsprechend beträgt das Verhältnis von Futterdrehzahl zu Schwing- bzw. Taumelkopffrequenz 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, bzw. 1:6. Bei der Werkstückbearbeitung wird das Werkzeug ohne eigene Rotation auf einer Kreislinie bewegt und dabei axial gegen das Werkstück verfahren, woraus z.B. für die Spitze des Werkzeugs eine Raumkurve in Form einer Schraubenlinie resultiert. Dabei muß die Drehrichtung des Futters bei der Fertigung der genannten Konturen mit dem Umlaufsinn der Schneide am Taumel- bzw. Schwingkopf immer übereinstimmen, gleichgültig ob eine Innen- oder Außenbearbeitung durchgeführt wird. Eine gegensinnige Bewegungsrichtung würde die Herstellung exotischer, blumenartiger Konturen ermöglichen.

chen, für welche nur ein geringer Bedarf bestehen dürfte.

Mit der Erfindung wird vorgeschlagen, den eigentlichen Bearbeitungsvorgang, wobei vorzugsweise eine Zerspanung ins Auge gefaßt ist, mittels eines sogenannten Abspanzyklus abzuarbeiten. Hierbei werden die zuvor beschriebenen schraubenlinienförmigen Raumkurven der Werkzeugschneide nach jedem Schnitt jeweils mit dem Betrag einer Zustellung radial gegeneinander verschoben so lange wiederholt, bis das gewünschte Fertigmaß erreicht ist.

Soll mit dem beschriebenen Verfahren eine exzentrisch liegende runde Bohrung oder ein exzentrisch liegender runder Zapfen, bzw. eine Ellipse oder ein entsprechender Polygon bearbeitet werden, so wird dabei das Werkzeug mit gleichbleibender Umlaufgeschwindigkeit in einem entsprechend zur Drehzahl des Futters mit dem Werkstück stehenden Verhältnis bewegt. Bei der Herstellung von Exzentern entspricht dabei der Radius des Umlaufkreises des Werkzeugs der Exzentrizität des Zapfens bzw. der Bohrung, während deren eigener Durchmesser mittels einer radialen Verschiebung der Rotationsachse des Werkzeugs sehr genau herstellbar ist.

Für die Herstellung unstet sich ändernder Konturen, wie den genannten Vielecken, ist es erforderlich, die Umlaufgeschwindigkeit des Werkzeugs bzw. seiner Spitze so zu variieren, daß trotz der immer auf einer exakten Kreisbahn befindlichen Position des Werkzeugs zwischen Werkstück und Werkzeug eine Relativbewegung gebildet ist, welche im Ergebnis zu der am Werkstück zu fertigenden Kontur führt.

Mit der Erfindung werden gleichzeitig Vorrichtungen zur Ausführung der oben beschriebenen Verfahren zur Verfügung gestellt. Diese Vorrichtungen sind primär als zusätzliche Werkzeugeinheiten bzw. Ergänzungssätze zur Aufrüstung vorhandener Maschinen vorgesehen.

Die vorgeschlagenen Werkzeugeinheiten besitzen eine Werkzeugaufnahme, welche zur Aufnahme des Werkzeughalters in Gestalt z.B.

einer Bohrstange mit einer Wendeschneidplatte dient. Die Werkzeugaufnahme ist wahlweise z.B. mittels eines Kreuzschiebers, einer kardanischen Aufhängung oder in einer hohlen Exzenter spindle z.B. über eine Oldham-Kupplung verdrehfest gegen das Werkzeuggehäuse so abgestützt, daß einerseits ihre winkelmäßige Relativbewegung gegenüber dem Gehäuse unterbunden ist, sie andererseits jedoch so bewegbar ist, daß die Schneidspitze eines Werkzeugs (z.B. einer in eine Bohrstange eingesetzten Wendeschneidplatte) in ihrer radialen Position bzw. im wesentlichen radialen Position auslenkbar ist. Die Werkzeugaufnahme wird dann im Betrieb mittels eines Antriebs so bewegt, daß die Werkzeugspitze ohne eigene Rotation eine geschlossene Kreisbahn beschreibt.

Der Durchmesser der von der Werkzeugspitze beschriebenen Kreisbahn ist von dem kleinsten und größten Radialmaß der zu fertigenden Kontur abhängig und muß daher einstellbar sein, wenn mit der gleichen Werkzeuginheit verschiedene Konturgrößen hergestellt werden sollen. Mit der Erfindung wird vorgeschlagen, die Verstellung wahlweise über eine radiale Verschiebung eines der Werkzeugaufnahme zugeordneten Drehlagers oder über die gegenphasige Verdrehung zweier Exzenterhülsen zu bewerkstelligen. Die Einstellung ist z.B. mittels einer Stellschraube, eines Schneckentriebs, einer Differentialschraube oder eines Zahnradtriebs aus Kegelrädern oder aus Stirnrad und Kronenrädern realisierbar. Dabei kann der Verstellgrad durch eine Skalierung auf den sich bewegenden Bauteilen leicht abgelesen werden.

Der Antrieb des Werkzeughalters kann in der einfachsten Version direkt mit dem Werkzeugantrieb der entsprechenden Werkzeugposition z.B. auf dem Revolver einer Drehmaschine gekoppelt sein. Das zur Herstellung einer bestimmten Kontur erforderliche Verhältnis zwischen der Drehzahl des Futters mit dem Werkstück und der Schwing- bzw. Taumelfrequenz der Werkzeugaufnahme ist dann einfach per NC-Programm festlegbar. Eine Variante besteht darin, für beide Antriebe die gleiche Drehzahl zu programmieren und zur Erzielung eines bestimmten Übersetzungsverhältnisses eine Getriebestufe im Werkzeuggehäuse heranzuziehen. In jedem dieser beiden

Fälle ist eine entsprechende mechanische oder elektronische Synchronisationsmöglichkeit seitens der Maschine bzw. der Steuerung zwingend erforderlich. Mit dem Werkzeug in der hier beschriebenen Ausführung sind Exzenter, Ellipsen und bestimmte Polygone (sogenannte Gleichdicke) herstellbar.

Für die Herstellung kantiger bzw. anderer von den vorgenannten Konturen abweichenden Formen wird vorgeschlagen, dem Werkzeuggehäuse zusätzlich ein ungleichmäßig übersetzendes Getriebe zuzuordnen, womit durch eine angepasste Änderung der Bahngeschwindigkeit des Werkzeugs und seiner Schneide die erforderliche Relativbewegung zum Werkstück erzeugbar ist. Ein derartiges Getriebe ist relativ einfach z.B. unter Verwendung von zwei unrunder komplementären Zahnrädern realisierbar.

Für bestimmte eckige Konturen ergeben sich für die unrunder Zahnradsätze Wälzkurven mit Kardioiden ähnelnder Gestalt. Diese besitzen mindestens einen Kurvenabschnitt mit unstetem Verlauf, welcher für die Umsetzung in komplementäre Zahnradpaare kaum geeignet ist. Hier wird nun vorgeschlagen, den spitzen Kurvenabschnitt durch einen kleinen Radius zu ersetzen, welcher mit tangentialen Übergängen in die beiden Schenkel der Wälzkurve einmündet. Durch diese Abwandlung werden in den Eckbereichen der am Werkstück gefertigten Kontur kleine Verrundungen erzielt, wie sie ohnehin angestrebt sind. Die gebildeten Verrundungen sind zwar keine sauberen Radien, jedoch ist ihre genaue Form für die Funktion der Bearbeitungsflächen im Prinzip unbedeutend.

Nach weiterer Erfindung wird vorgeschlagen, die unrunder Komplementärzahnräder als sogenannte Doppelschraubgetriebe auszuführen. Doppelschraubgetriebe sind Stirnradgetriebe, die jedoch gegenüber herkömmlichen Stirnradgetrieben einen Schrägungswinkel von ca. 80° aufweisen, so daß die Räder nur einen Zahn besitzen können - ähnlich einer eingängigen Schraube. Doppelschraubgetriebe mit unrunder Rädern sind bisher nicht bekannt geworden. Sie haben den Vorteil, daß sie bezüglich der Wälzkurven die Realisierung von Kurven mit erheblichen Unstetigkeiten erlauben. Außerdem sind sie

recht einfach herstellbar, z.B. auf einer Drehmaschine im Gewin-
deschneidzyklus und Benutzung einer Werkzeugeinheit zur Unrundbe-
arbeitung, wie der hier vorgestellten. Daneben können Doppel-
schraubgetriebe in einer Drehrichtung als selbsthemmend ausgelegt
werden, so daß z.B. im Falle eines Maschinencrashes die vom Futter
mitgerissene Werkzeugaufnahme nicht den internen Antrieb des Re-
volvers zerstören kann.

Für die praktische Ausführung des ungleichförmig übersetzenden
Getriebes sind innerhalb gewisser Vorgaben konstruktive Spielräu-
me gegeben. Auf der Grundlage geradzahligter Wälzkreisdurchmesser-
verhältnisse besteht so die Möglichkeit zur Erhöhung oder Absen-
kung der Schwing- bzw. Taumelfrequenz der Werkzeugaufnahme gegen-
über der Drehzahl des Antriebs. Daneben ist das Getriebe als Pla-
netengetriebe, bzw. als Getriebe aus Hohlrad und Planetenrad her-
stellbar, womit ein zu weites Auskragen der Werkzeugeinheit aus
der Antriebsachse vermeidbar ist.

Das Wesen der Erfindung soll im folgenden anhand der drei Zeich-
nungsfiguren näher erläutert werden. Die Figur 1 zeigt eine er-
findungsgemäße Werkzeugeinheit für die Aufrüstung auf den Revol-
ver einer Drehmaschine, die Figuren 2 und 3 jeweils eine ähnliche
Werkzeugeinheit mit einer anderen Lagerung der Werkzeugaufnahme.
Für die Darstellungen wurden mehr schematisch aufzufassende Aus-
führungsbeispiele einer Werkzeugeinheit gewählt, um das Wesen
der Erfindung leichter verständlich zu machen. Die gewählten Di-
mensionierungen entsprechen daher der zeichnerischen Vereinfach-
ung. Ebenso wurden Bauteilaufteilungen, wie sie für die Montage
erforderlich sind, nicht berücksichtigt. Kleinteile, wie z.B.
Schrauben, Sicherungsringe, Abdichtungen und dergleichen wurden
aus den gleichen Gründen weggelassen, da dem durchschnittlich
gebildeten Fachmann die Ausführung einer praktischen Gestaltung
ohnehin klar sein dürfte. Die Werkzeugeinheiten sind mit der
überwiegenden Anzahl ihrer Bauteile geschnitten dargestellt.

Die in Fig. 1 gezeigte Werkzeugeinheit besteht aus einem Gehäuse
1, in welchem ein Antriebsritz 5 mittels zweier Wälzlager 3,4

drehbar gelagert ist. Die im Gehäuse befindliche Seite des Antriebsritzels ist mit einem Zahnrad 2 versehen, während die andere Seite eine Verzahnung besitzt, welche für die Ankopplung an den maschinenseitigen Antrieb vorgesehen ist. Die weiteren Verbindungselemente zur maschinenseitigen Schnittstelle wurden weggelassen. Das Zahnrad 2 greift in die Verzahnung eines in den Wälzlager 7,8 drehbar gelagerten Triebblings 6 ein, sodaß seine Drehbewegung auf ihn übertragen wird. In einer praktischen Bauausführung sind diese Zahnräder austauschbar in Gestalt von Wechselradsätzen vorhanden, wobei die konstruktive Freiheit besteht, durch Festlegung der Zahnzahlverhältnisse die interne Übersetzung festzulegen, bzw. durch die Verwendung unrunder Komplementärzahnäder die für die Herstellung einer bestimmten Kontur erforderliche Geschwindigkeitsvariation der Werkzeugspitze zu verwirklichen. An dem Triebbling 6 ist ein radial verstellbarer Lagerblock 9 als Exzenterlager befestigt, wobei sowohl die Elemente zur Befestigung selbst, als auch zur Einstellung und Ablesung des exzentrischen Verschuhs nicht gezeigt werden. In diesem Zusammenhang wird vorgeschlagen, das Gehäuse 1 mit einem abdeckbaren Durchbruch zu versehen, um z.B. mit einem Einstellschlüssel an den Lagerblock zu gelangen, bzw. den Verstellwert ablesen zu können. Innerhalb des Lagerblocks ist ein Wälzlager in Gestalt eines Nadellagers 10 eingezeichnet, welches einen runden Zapfen 11 so aufnimmt, daß die rotative Bewegung des Triebblings 6 und des Lagerblocks 9 von der Werkzeugaufnahme 12 abgekoppelt und lediglich seine exzentrische Bewegung übertragen wird. Dabei wird die als Schwingkopf arbeitende Werkzeugaufnahme 12, welche hier zusammen mit einem Kreuzrahmen 13 als Kreuzschieber gestaltet ist, in der Radialebene sowohl in der x- als auch in der y-Achse ausgelenkt, wobei die Größe ihrer Auslenkung vom Exzenterwert abhängt und ihre Bewegungsbahn stets auf einem Kreis verläuft. Damit die Werkzeugaufnahme ihre Aufgabe zuverlässig erfüllen kann, ist sie mittels einer steifen Wälzlagerung in dem Kreuzrahmen 13 gegen das Gehäuse abgestützt. Die Wälzkörperkolonnen 14,15 sind in der Zeichnung als aus Kugeln bestehend dargestellt. In der praktischen Ausführung kann auf noch steifere Alternativen zurückgegriffen werden, z.B. einer Rollenlagerung mit kreuzweise eingelegten Rol-

len. Die Lagerung des Kreuzrahmens hat zwar nur relativ kurze Rollwege, jedoch hohe Schwingfrequenzen zu verkraften. Sie muß möglichst spielfrei gestaltet sein, um eine hohe Formtreue der zu fertigenden Kontur zu erzielen. In der Werkzeugaufnahme 12 ist eine Bohrstange 16 für die Fertigung einer am Werkstück innen liegenden Kontur eingesetzt. Auf ihrem vorderen Ende ist eine auswechselbare Wendeschneidplatte 17 aufgeschraubt. Die Position der Schneidenspitze wurde dabei so gewählt, daß sie genau auf der Mittelachse der Werkzeugaufnahme zu liegen kommt. Dadurch sind die auf die Werkzeugaufnahme wirkenden Hebelkräfte klein. Diese Gestaltung ist jedoch nicht zwingend, da die konturtreue Bahn der Werkzeugspitze auch in jeder anderen Position gewährleistet ist.

Für die Fertigung von Außenkonturen muß die Schneidenrichtung der gezeigten Wendeschneidplatte um 180° verdreht werden, z.B. durch entsprechend gedrehtes Umsetzen der Bohrstange in den Werkzeugkopf, oder durch Montage eines radial angeordneten Werkzeughalters wie er für die Außenbearbeitung üblich ist.

In die gezeigte Werkzeugeinheit sind im Bereich des Exzenterlagers zusätzliche fest oder verstellbar angeordnete Massen integrierbar, um die durch den exzentrischen Umlauf begründeten Massenkräfte zu kompensieren. Tatsächlich sind die im Betrieb auftretenden Massenkräfte nicht sehr hoch, da der Umlaufkreis im Prinzip relativ klein ist. Im dargestellten Beispiel steht der Werkzeugkopf etwa 3 mm außermittig, sodaß der Durchmesser des Schwingkreises ungefähr 6 mm beträgt. Mit einer derartigen Einstellung wäre immerhin ein Sechskant einer Schlüsselweite von etwa 78 mm herstellbar.

Das schematische Beispiel in Fig.2 ist in seiner Darstellungsweise an die der Fig.1 angelehnt. Verschiedene Gestaltungen und Dimensionierungen wurden übernommen. Die gezeigte Werkzeugeinheit besteht aus einem Gehäuse 18, in welchem ein Antriebsritzel 22 mittels der beiden Wälzlager 20,21 drehbar gelagert ist. Die in das Gehäuse eintauchende Seite des Antriebsritzels 22 ist mit

einem Zahnrad 19 versehen, während die aus dem Gehäuse herauszeigende Seite eine Verzahnung besitzt, welche für die Ankopplung an den maschinenseitigen Antrieb vorgesehen ist. Die weiteren Verbindungselemente zur maschinenseitigen Schnittstelle wurden weggelassen. Das Zahnrad 19 greift in die Verzahnung eines mittels der Wälzlager 24,25 drehbar gelagerten Triebblings 23 ein, sodaß seine Drehbewegung auf ihn übertragen wird. In einer praktischen Bauausführung sind diese Zahnräder austauschbar in Gestalt von Wechselradsätzen vorhanden, wobei die konstruktive Freiheit besteht, durch Festlegung der Zahnzahlverhältnisse die interne Übersetzung festzulegen, bzw. durch die Verwendung unrunder Komplementärzahnräder die für die Herstellung einer bestimmten Kontur erforderliche Geschwindigkeitsvariation der Werkzeugspitze zu verwirklichen. An dem Triebbling 23 ist ein nicht im einzelnen gezeigter radial verstellbarer Lagerblock als Exzenterlagerung befestigt, welcher eine Aufnahme in Gestalt einer inneren Kugelzone für eine kugelige Lagerschale 26 besitzt. Dabei werden sowohl die Elemente zur Befestigung des Lagerblocks selbst, als auch zur Einstellung und Ablesung des exzentrischen Verschuhs nicht gezeigt. Diesbezüglich wird vorgeschlagen, das Gehäuse 18 mit einem abdeckbaren Durchbruch zu versehen, um z.B. zum Zwecke der Einstellung mit einem Schlüssel an das Exzenterlager gelangen, bzw. den Verstellwert ablesen zu können. Innerhalb der Lagerschale 26 ist ein Wälzlager in Gestalt eines Nadellagers 27 eingezeichnet, welches einen runden Zapfen 28 so aufnimmt, daß die rotative Bewegung des Triebblings 23 und der exzentrischen Kugelschale 26 von der Werkzeugaufnahme 29 abgekoppelt und lediglich seine exzentrische Bewegung übertragen wird. Dabei wird die als Taumelkopf arbeitende Werkzeugaufnahme 29, welche hier zusammen mit einem teilweise abgebrochen gezeichneten Ring 30 und versetzten Zapfenpaaren 31 und 32 in Wälzlagern kardanisch aufgehängt ist, mit seinen Extremitäten in einem um 180° gegeneinander phasenverschobenen, gleichsinnigen Umlauf entlang einer Kreisbahn bewegt. In der Werkzeugaufnahme 29 ist eine Bohrstange 33 für die Fertigung einer am Werkstück innen liegenden Kontur eingesetzt. Auf ihrem vorderen Ende ist eine auswechselbare Wendeschneidplatte 34 aufgeschraubt. Die Position der Schneidenspitze wurde dabei

so gewählt, daß sie genau auf der Mittelachse der Werkzeugaufnahme zu liegen kommt. Dadurch sind die auf die Werkzeugaufnahme wirkenden Hebelkräfte klein. Diese Gestaltung ist insofern bei dieser Bauform besonders empfohlen, da sie zu den geringsten axialen Bewegungsüberlagerungen der Werkzeugspitze führt. Die Werkzeugspitze wird nämlich bei beliebigen Bahnen immer auf einer im Raum liegenden Kugelkalotte bewegt, deren Mittelpunkt mit dem der kardanischen Aufhängung übereinfällt. Die sich daraus ergebenden Verzerrungen der Kontur nehmen mit größer werdendem Abstand von der Zentralachse der Werkzeugeinheit immer mehr zu. Generell sind sie ihrer Größe nach durch eine Berücksichtigung bei der Auslegung des ungleichmäßig übertragendes Getriebes kompensierbar. Allerdings muß dann ein bogenförmig gewellter Anschnitt bzw. Auslauf der Bearbeitungsstrecke am Werkstück in Kauf genommen werden. Des weiteren ist zu berücksichtigen, daß sich bei dieser Bauform der Betrag des Überstandes der Werkzeugspitze auf den von ihr beschriebenen Kreisdurchmesser und damit auf die gefertigte Kontur auswirkt. Daher muß z.B. die Länge der Bohrstange bzw. die Position der Werkzeugspitze immer genau eingehalten werden. Andererseits ist damit die Möglichkeit gegeben, mittels bewußt anders eingestellter Kraglängen ohne die innere Verstellung des exzentrischen Lagers andere Konturabmessungen zu fertigen. Gleichwertige Verstellmöglichkeiten sind ferner durch eine Verschiebung der kardanischen Lagerebene gegen die Ebene des Exzenterlagers realisierbar.

Mit der gezeigten Werkzeugeinheit können in begrenztem Umfang auch Außenbearbeitungen durchgeführt werden, wenn die radialen Abstände der Schneidenspitze des Werkzeugs nicht zu groß sind. Dabei muß die Schneidenrichtung der gezeigten Wendeschneidplatte um 180° verdreht werden, z.B. durch entsprechend gedrehtes Umsetzen der Bohrstange in den Werkzeugkopf.

Ein Vorteil der hier vorgeschlagenen Bauform besteht darin, daß die im Betrieb auftretenden Massenkräfte von vorneherein sehr klein sind, da der Durchmesser des jeweiligen Umlaufkreises von den Extremitäten des Werkzeugkopfes zur Mitte der kardanischen

Lagerung hin beständig abnimmt. Außerdem sind die umlaufenden Massen durch ihre um 180° phasenverschobene Lage ohnehin teilweise kompensiert. Zusätzlich sind in die gezeigte Werkzeuginheit im Bereich des Exzenterlagers fest oder verstellbar angeordnete Massen integrierbar, um eine noch bessere Kompensation der durch den exzentrischen Umlauf begründeten Massenkräfte zu erreichen.

Eine weitere Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird in Fig.3 gezeigt, wobei wie zuvor zwecks besserer Vergleichbarkeit die Dimensionierung an die Zeichnungsfiguren 1 und 2 angelehnt wurde. Zur Ankopplung der Werkzeuginheit an den maschinenseitigen Antrieb dient ein Ritzel 39, welches mit Wälzlager 37,38 im Gehäuse 35 gelagert ist. Die Verzahnung seines Zahnrades 36 greift in die Verzahnung eines zweiten Zahnrades 40 ein, welches auf eine Hohlspindel 41 aufgepreßt ist. Die Hohlspindel ist ihrerseits mit einem Schulterlager 42 und einem Rollenlager 43 im Gehäuse 35 drehbar gelagert. Sie nimmt einen Satz Exzenterhülsen 44,45 auf, welche gegenphasig gegeneinander mittels eines Zahnrades 46 verdrehbar sind, um den Durchmesser des Umlaufkreises des Werkzeugs einstellen zu können. Dabei ist das Zahnrad 46 ein normales Stirnrad, wohingegen die Verzahnungen an den Exzenterhülsen sogenannte Kronenverzahnungen sind.

Für den Zweck der Relativverdrehung der beiden Exzenterhülsen sind auch andere Stellelemente verwendbar, z.B. Schneckentriebe, Kegelräder, Stellschrauben, Differentialschrauben oder dergleichen. Mittels der gegenseitigen Verdrehung der beiden Exzenterhülsen wird eine in radialer Richtung geradlinige Justierung der Schneidenspitze ermöglicht. Der Grad der Verstellung ist auf einer Skalierung der sich dabei bewegenden Bauteile ablesbar. Besonders einfach ist eine stirnseitige Skalierung auf den nach außen zeigenden Ringflächen der Exzenterhülsen zu verwirklichen, indem auf der Stirnfläche der einen Exzenterhülse eine Referenzmarke in Gestalt eines Strichs, und auf der anderen eine Teilung mit Zahlenwerten angebracht wird. Diese Skalierung bietet wegen ihrer gegenphasigen Verdrehrichtung gleichzeitig auch eine erhöh-

te Ablesegenauigkeit.

Die beiden Exzenterhülsen erfordern sowohl gegeneinander als auch zur Hohlspindel eine spielfreie Fixierung, um im Betrieb das Auftreten von Schwingungen sicher zu unterbinden. Da die geforderte Spielfreiheit mit zylindrischen Passungen bei starren Bauteilen nur schwierig erreichbar ist, wird diesbezüglich empfohlen, mindestens eine der Passungen konisch zu gestalten und die entsprechende Exzenterhülse z.B. als geschlitzte Spannhülse auszuführen. Durch axiales Spannen ist dann die aus den Elementen Hohlspindel, äußerer und innerer Exzenterhülse bestehende Einheit zu einem festen Block verspannbar. Als Alternative wird angeboten, die äußere Exzenterhülse als hydraulische Spannhülse zu verwirklichen, welche mittels einer auf das hydraulische Medium wirkenden Druckschraube aufweitbar ist.

Die innenliegende Exzenterhülse 45 nimmt über ein Schulterlager 48 und ein Nadellager 49 eine Werkzeugaufnahme 47 auf, welche mittels einer Oldham-Kupplung 50 und einem Poller 51 verdrehfest gegen das Gehäuse gehalten wird. Anstelle der Oldham-Kupplung sind auch andere Ausgleichkupplungen für parallele Wellenverlagerungen verwendbar, z.B. ein Metallbalg, eine Schmidt-Kupplung, eine Helicoflex-Kupplung oder dergleichen.

In die Werkzeugaufnahme 47 ist eine Bohrstange 52 für die Bearbeitung einer unrunder Innenkontur eingesetzt. Die übliche Verklammerung der Bohrstange in der Werkzeugaufnahme mittels eines Gewindestiftes ist in der geschnittenen Darstellung nicht zu sehen. Auf der Bohrstange ist eine Wendschneidplatte 53 mit einer Schraube befestigt. Falls die Bearbeitung einer unrunder Außenkontur beabsichtigt ist, muß die Bohrstange gegen einen entsprechenden Werkzeughalter ausgetauscht werden. Die Spitze der Wendschneidplatte ist dann um 180° versetzt angeordnet.

Mit der Erfindung werden somit ein Verfahren und entsprechende Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahrens zur Verfügung gestellt, womit sowohl exzentrische Zapfen und Bohrungen als auch

die unterschiedlichsten Außen- und Innenkonturen an Werkstücken in kürzester Bearbeitungszeit und mit hoher Genauigkeit herstellbar sind. Dabei ist während des Zerspanungsvorgangs sowohl eine Schnittaufteilung als auch eine enge Tolerierung der Maße realisierbar. Die Vorrichtungen sind sehr kompakt und kostengünstig herstellbar und können auf einer Anzahl verschiedener Maschinen aufgerüstet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren für die vorzugsweise spanende Bearbeitung von Werkstücken zur Erzielung unrunder Innen- und/oder Außenkonturen, bzw. exzentrisch liegender runder Bohrungen und/oder Zapfen, wobei das zu bearbeitende Werkstück um eine ortsfeste Achse mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotiert, während das Werkzeug an seinem Berührungspunkt mit dem Werkstück ohne selbst zu rotieren auf einer Kreisbahn umlaufend axial verfahren wird, welche den Inkreis der herzustellenden Kontur von außen und den Umkreis von innen tangiert und deren Mittelpunkt genau in der Mitte zwischen In- und Umkreis gelegen ist, wobei die Drehgeschwindigkeit des Werkstücks und die Umlaufgeschwindigkeit des Werkzeugs auf seiner Kreisbahn voneinander abhängig sind und die Bahngeschwindigkeit des Werkzeugs während seines Umlaufs so verändert wird, daß durch die ortsfeste Rotation des Werkstücks und die zeitliche Position des Werkzeugs auf seiner Kreisbahn die gewünschte Formgestalt bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die gewünschte Formgestalt in mehreren Bearbeitungsgängen hergestellt wird, wobei das Werkzeug nach jedem Bearbeitungsgang mit einem Betrag radial gegen die Bearbeitungsfläche zugestellt wird und dieser Zyklus so

lange wiederholt wird, bis das endgültige Maß erreicht ist.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1 mit einem Werkzeug, dessen Schneidenspitze entlang einer Kreislinie bewegbar geführt ist, wobei das Werkzeug wahlweise direkt oder mittels eines Werkzeugträgers an einer Werkzeugaufnahme befestigt ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugaufnahme mit dem Gehäuse der Werkzeugeinheit über eine Ausgleichkupplung verbunden ist, welche radial winklige Relativverlagerungen unterbindet und parallele und/oder winklige Relativverlagerungen zuläßt, und wahlweise die selbe Ausgleichkupplung oder eine Wälzlagerung herangezogen ist, um axiale Relativverlagerungen zu unterbinden.

03. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichkupplung als Kreuzschieber 13,14,15 ausgebildet ist.

04. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichkupplung in Gestalt einer kardanischen Aufhängung 30, 31,32 realisiert ist.

05. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgleichkupplung als Oldham-Kupplung 50, Wellbalg, Helicoflex-, Schmidt-Kupplung oder dergleichen ausgebildet ist, und die axiale Relativbewegung der Werkzeugaufnahme zum Gehäuse der Werkzeugeinheit mittels eines Wälzlagers unterbunden ist.

06. Vorrichtung gemäß Ansprüchen 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugaufnahme in einen Lagerzapfen 11,28 ausläuft, welcher mittels eines Lagers 10,27 in einem radial bzw. exzentrisch einstellbaren Lagerblock 9 gelagert ist.

07. Vorrichtung gemäß Ansprüchen 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugaufnahme als Taumelkopf 29 ausgebildet und unter einem verstellbaren Winkel relativ zu dem rotierenden Triebling 23 mit einer Lagerschale 26 in Kugelform bzw. Kugelzonenform in dem exzentrisch verstellbaren Lagerblock schwenkbar gelagert ist.

08. Vorrichtung gemäß Ansprüchen 2 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugaufnahme 47 in mindestens einer winkelmäßig gegenüber der rotierbaren Hohlspindel 41 verstellbaren Exzenterhülse gelagert ist, um die radiale Position der Werkzeugspitze einstellbar zu machen.
09. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugaufnahme 47 in einem Exzenterhülsenpaar 44,45 gelagert und das Exzenterhülsenpaar mittels eines Stelltriebs gegenphasig gegeneinander verdrehbar ist.
10. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Exzenterhülse mit einer konischen Innen- und/oder Außenfläche und einer wahlweisen Schlitzung mittels einer Axialbewegung gegen mindestens eine zweite Hülse verspannbar ist.
11. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Exzenterhülse als hydraulische Spannhülse ausgebildet ist.
12. Vorrichtung gemäß Ansprüchen 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Stelltrieb aus einer mindestens partiellen Verzahnung der beiden Exzenterhülsen 44,45 (z.B. Kegelrad- oder Kronenverzahnung) und einem mit beiden Exzenterhülsen in Eingriff befindlichen Ritzel 46 gebildet ist.
13. Vorrichtung gemäß Ansprüchen 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Exzenterhülse und eine weitere benachbarte Hülse auf ihrer nach außen zeigenden Stirnseite mit einer gegenseitigen Skalierung versehen sind.
14. Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Kraftübertragungsweg vom maschinenseitigen Antrieb der Werkzeugeinheit zur Werkzeugaufnahme ein Rädergetriebe mit unrunder komplementären Wälzkreisen geschaltet ist.

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Räder ein Hohlrad und das andere ein Planetenrad ist.

16. Vorrichtung gemäß Ansprüchen 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Räder wahlweise gerade oder schräg verzahnt sind.

17. Vorrichtung gemäß Ansprüchen 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Getriebe ein Doppelschraubgetriebe ist.

18. Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Wälzkreise des ungleichförmig übersetzenden Getriebes mindestens partiell einer Kardioiden ähnlich ist, und der un stet verlaufende Kurvenabschnitt durch einen Kreisbogenabschnitt ersetzt ist, welcher tangential in den beiderseitigen Kurvenrest übergeht.

19. Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse 1,18,35 und die Antriebswelle z.B. in Gestalt eines Ritzels 5,22,39 oder dergleichen kompatibel zu den üblichen maschinenseitigen Schnittstellen gestaltet sind, um so z.B. auf die angetriebene Station des Revolvers einer Drehmaschine aufrüstbar zu sein.

20. Vorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebswelle kompatibel zu den üblichen maschinenseitigen Schnittstellen von Spindeln an Fräsmaschinen (z.B. Steilkegel SK 30, 40, 50 und dergleichen) gestaltet ist und das Gehäuse 1,18,35 über eine Drehmomentstütze gegen die Spindellagerung oder das Maschinenbett verfügt.

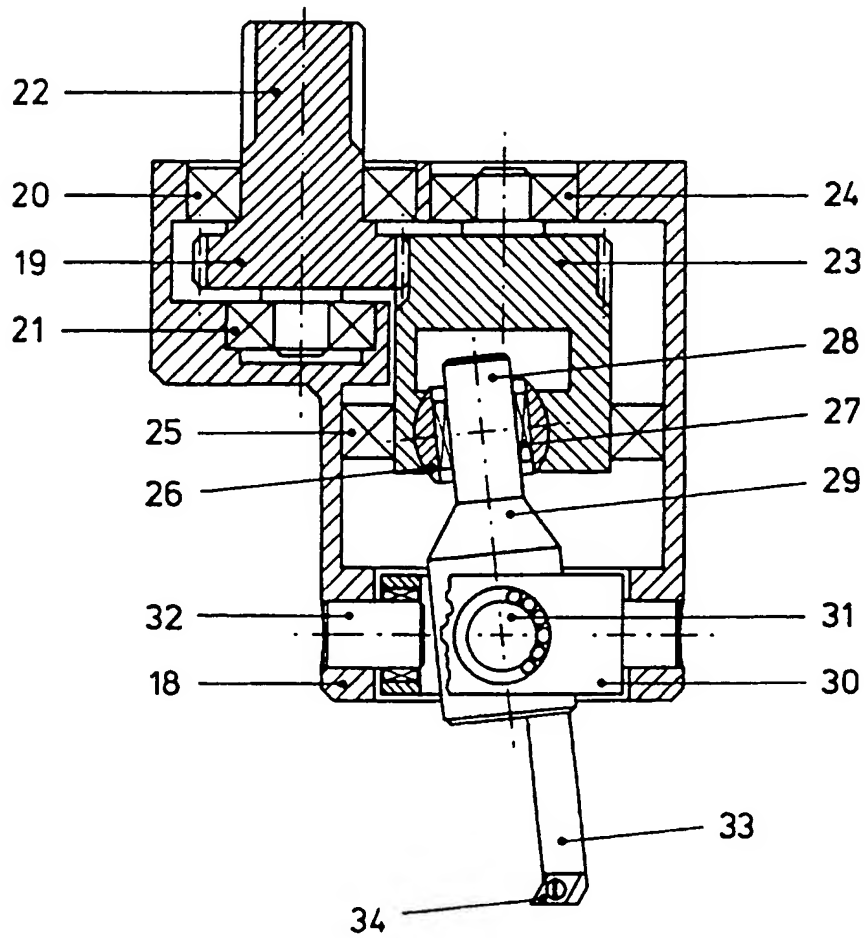


Fig. 2

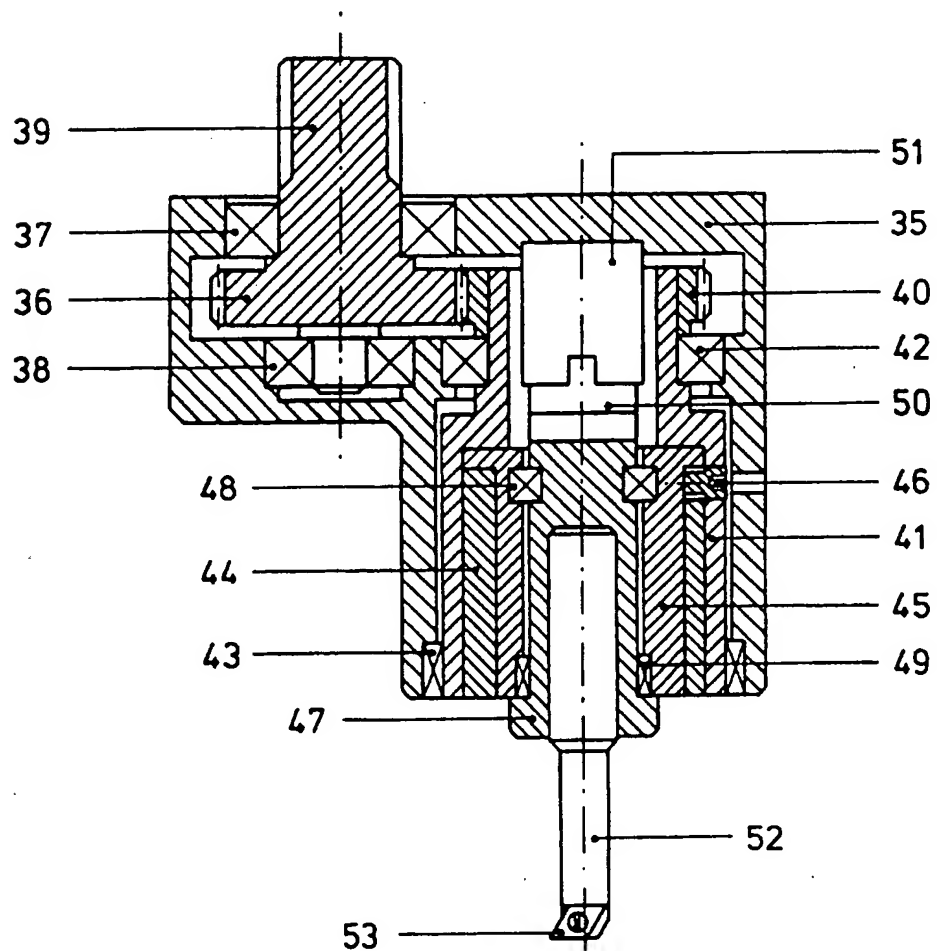


Fig. 3